



**SUSCEPTIBILIDAD DE GENOTIPOS DE MAIZ CON DIFERENTES  
CARACTERISTICAS FENOTIPICAS AL ATAQUE DE DOS GENERACIONES  
DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) A NIVEL DE  
LABORATORIO**

**KELMIS PATRICIA SILVERA BERDUGO**

**Trabajo de grado como requisito parcial para optar al titulo de  
Ingeniero Agrónomo.**

**Director:**

**HERNANDO DARIO SUÁREZ GÓMEZ  
Ingeniero Agrónomo MSc Entomología.**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SANTA MARTA D.T.C.H.**

**2013**



NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

PRESIDENTE DEL JURADO

---

JURADO

---

JURADO

Santa Marta, 23 de Mayo de 2013

## DEDICATORIA

*A mis padres, quienes con su amor me motivaron a seguir adelante.*

*A mis hermanos, por acompañarme en este duro camino.*

*A mi hijo, por ser la motivación más grande para alcanzar esta meta.*

*Al padre de mi hijo, por su apoyo moral en los momentos más difíciles.*

*A mis queridas sobrinas, por ser una luz más que ilumina mi vida.*

*Kelmis Patricia Silveira Berdugo*

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias a:

Dios, que me dio la fortaleza y entereza para seguir adelante a pesar de las dificultades.

Mi familia, quienes con su apoyo en todo momento no me dejaron desvanecer este sueño.

Mi director de tesis y amigo, Hernando Darío Suarez Gómez por guiarme en la realización de este trabajo.

Mis amigos, Lorena, Gabriel y Pablo por acompañarme durante todos estos años en el camino emprendido.



IA  
00630  
Eg<sup>1</sup>

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>7</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>10</b>
<b>2. ESTADO DE DESARROLLO</b>	<b>12</b>
<b>3. MARCO TEORICO</b>	<b>17</b>
3.1 Generalidades del maíz	17
3.2 Comportamiento del gorgojo ( <i>Sitophilus zea mais</i> )	19
3.3 Característica propia del grano de maíz	20
<b>4. JUSTIFICACION</b>	<b>22</b>
<b>5. OBJETIVOS</b>	<b>24</b>
5.1 OBJETIVO GENERAL	24
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
<b>6. DESARROLLO DEL TRABAJO</b>	<b>25</b>
6.1. Instalaciones y Equipos	25
6.2. Genotipos de maíz	25
6.3. Cría de los Insectos	27
6.4. Desinfestación de los granos	28
6.5. Humedad de los granos	28
6.6. Infestación de las muestras	34
<b>7. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>35</b>
<b>8. LIMITACIONES</b>	<b>36</b>
<b>9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>37</b>
9.1. Número de gorgojos F1 emergidos de los genotipos	37
9.2. Periodo de Desarrollo de los gorgojos F1 emergidos de los genotipos	39
9.3. Índice de Susceptibilidad de los genotipos a la generación F1 del gorgojo	42
9.4. Valores de Correlaciones entre las variables	44

9.5. Número de gorgojos F2 emergidos de los Genotipos.....	47
9.6. Periodo de Desarrollo de los gorgojos F2 emergidos de los genotipos .....	48
9.7. Índice de Susceptibilidad de los genotipos a la generación F2 del gorgojo.....	51
<b>10. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>11. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>12. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>

## RESUMEN

Se evaluó la susceptibilidad de genotipos de maíz, con diferentes características fenotípicas al ataque de dos generaciones de *Sitophilus zeamais* a nivel de laboratorio. Los insectos se obtuvieron de una cría existente en el laboratorio de Entomología de la Universidad del Magdalena, los maíces, cuatro híbridos fueron aportados por una compañía privada y cuatro materiales criollos se compraron en los mercados públicos de Santa Marta (Magdalena) y Valledupar (Cesar). Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, ya que las condiciones de temperatura y humedad en el laboratorio no fueron controladas. Para medir la susceptibilidad de los maíces se utilizó la formula de Dobie (1974) que considera el número de gorgojos que emergen diariamente de los granos infestados y el tiempo medio de desarrollo a partir de la fecha de infestación. Se hizo un análisis de varianza, una prueba de media, Tukey 5% y un análisis de correlación entre las diferentes variables. Los resultados obtenidos, muestran a los maíces híbridos: NB – 7253, NB-7206, NB-7315 y NB-7443 con el mejor comportamiento ante el ataque de la generación F1 de *S. zeamais* con un Índice de Susceptibilidad igual a: 8,2467; 7,5567; 8,1267 y 4,2133 respectivamente, valores inferiores a los registrados por los maíces criollos. Con la segunda generación del gorgojo se observó la misma tendencia, los genotipos híbridos comerciales con los menores valores de susceptibilidad y los criollos mostrando los mayores valores, lo cual

indica que ofrecen las mejores condiciones para que el gorgojo cumpla su ciclo de vida en un tiempo corto y se den las mayores poblaciones de progenies.



## PRESENTACIÓN

El maíz, al igual que otras muchas especies vegetales y animales explotadas agrícolamente por el hombre, posee un conjunto de otros consumidores biológicos que encuentran en esta planta los recursos indispensables para su vida.

El conflicto de intereses que se plantea entre los que siembran el maíz, para tratar de obtener un máximo de provecho, y los otros seres vivos, que también utilizan la especie como elemento importante dentro de su estrategia de vida, genera el concepto de plaga, el cual se puede simplificar para el ámbito agrícola, diciendo que merecerá ese calificativo, todo aquel organismo que amenace el retorno con beneficio de la inversión económica realizada para la producción de un determinado rubro.

El daño ocasionado por las plagas a granos almacenados genera muchas pérdidas económicas a los agricultores, en el caso del maíz encontramos al *S. zeamais*, el cual no solo afecta la calidad, si no que además son precursores de hongos y otros microorganismos indeseables a la hora de comercializar y consumir los productos. (Andrews y Quezada, 1989).

En Colombia, las deficientes prácticas de cosecha y condiciones precarias de almacenamiento de granos han favorecido la supervivencia del *S. zeamais*. Las pérdidas que ocasiona esta especie son incalculables. (Danho et al, 2002

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las pérdidas por ataques de insectos en granos almacenados son cuantiosas a nivel mundial, en agricultura de subsistencia, en agro ecosistemas tropicales a menudo se experimentan daños en granos almacenados que exceden el 30% durante el almacenamiento. (Tigar et al, 1994).

Los efectos principales del ataque de los insectos en granos almacenados son: pérdida de peso (encubierta a veces por los cambios del contenido de humedad), disminución del poder germinativo (por el daño al embrión) y los cambios resultantes de un calentamiento espontáneo debido a la actividad de los insectos, y que puede conllevar a un ataque por hongos, además de producirse pérdidas en valor nutritivo, sabor y olor. (García et al, 2007).

Uno de los principales problemas a nivel mundial, en cuanto a almacenamiento de granos, es que los medios disponibles son simples depósitos que no impiden el ataque de las plagas, ni crean un medio inconveniente para éstas. En la mayoría de los casos, el uso de insecticidas es el único método de control, cuando no se adoptan adecuadas medidas de prevención. (FONAIAP, 1988)

En el caso del maíz, las plagas de almacén causan pérdidas de rendimiento, disminución del valor comercial, pérdidas de calidad en el grano y del valor nutritivo del mismo. Esto, afecta toda la cadena agricultor-intermediario-comerciante-consumidor de manera directa, lo cual pone en riesgo la seguridad alimentaria. (García, et al, 2007)

El gorgojo de los granos, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleóptera: Curculionidae) es una de las plagas de mayor importancia en granos almacenados.

El control de esta plaga se realiza con insecticidas de síntesis química para tratar este tipo de insectos ya no constituye un medio eficaz de control. Estos compuestos químicos suelen ser altamente tóxicos y tener un espectro bastante amplio, además, pueden generar problemas de residualidad en los alimentos en los cuales han sido utilizados (Vergara et al. 2000). Por tal razón, se requiere buscar alternativas y una de ella es el uso de materiales resistentes al ataque de las plagas en especial al gorgojo, considerado muy destructivo.



## 2. ESTADO DE DESARROLLO



El maíz es uno de los mas importantes productos alimenticios del mundo y su importancia está proyectada para aumentarse en los próximos años, es una fuente de gran valor nutritivo y es irremplazable en las dieta de billones de personas en todo el mundo, por eso es importante proteger este invaluable recurso alimenticio, él es vulnerable porque de hecho es ampliamente cultivado y consumido. (McNee, 2002)

En Colombia, en la producción de maíz según estudios realizados se consideran básicamente dos grandes sistemas “el tradicional” que utiliza genotipos criollos, alto uso de mano de obra y muy poco uso de agroquímicos, (50.5% del área), caracterizado por ser sembrado en pequeñas extensiones, teniendo una producción de 1,57 toneladas por hectárea y “el tecnificado” que utiliza genotipos mejorados, mecanización y agroquímicos (49.5% del área), utilizando grandes extensiones con un rendimiento de 5,27 toneladas por hectárea. (DANE, 2004).

Las especies de *Sitophilus* están entre las más ampliamente distribuidas y destructivas entre los insectos que infestan granos almacenados y productos cereales. De las tres especies comunes, *S. oryzae* (L.) y *S. zeamais* Motsch son comúnmente encontradas en arroz, maíz y otros cereales a través de los trópicos. *S. granarius* es principalmente una plaga de almacén de regiones templadas,



reportado a menudo sobre granos importados por países tropicales. (Taylor, 1971)

Las especies *S. zeamais* y *S. oryzae* tienen alas membranosas bien desarrolladas y son capaces de volar. El primero es bien conocido por realizar infestaciones pre cosechas en el campo donde es la mayor fuente de pérdidas. *S. granarius* no vuela. (Taylor, 1971).

El *S. zeamais* (Motsch) es una plaga de almacén que causa serias pérdidas en maíz (*Zea maíz*) en países desarrollados. (García et al, 2004). El daño por *S. zeamais* al maíz almacenado puede ser considerable. Este insecto exhibe dos tipos de comportamiento alimenticio sobre semillas de maíz. Los adultos algunas veces rompen el pericarpio sobre un área de tamaño irregular y se alimentan ligeramente sobre la superficie del endospermo (alimentación superficial), también pueden masticar a través del pericarpio en un área localizada y alimentarse sobre una mayor extensión del endospermo (alimentación profunda). Ambos sexos se alimentan de ésta manera. El aumento de la alimentación profunda está mas altamente correlacionada con la actividad de oviposición que la alimentación superficial. (Tipping et al, 1986).

El *S. zeamais* es una de las plagas más destructiva del maíz en el campo y almacenamiento, la hembra hace una cavidad en el grano, deposita un huevo y

sella la cavidad con un tapón gelatinoso, después de 30-45 días un adulto del gorgojo emerge del grano dañado. (VanDerSchaaf et al, 1969).

Varios autores estudiaron los factores que influyen la distribución de los huevos del gorgojo sobre maíz, encontrando que la agregación de las posturas generalmente se incrementa con el incremento de la densidad del gorgojo y la duración del periodo de oviposición-alimentación, pero la respuesta específica depende de la densidad de granos y del genotipo de maíz. (Legg et al, 1987).

El *S. zeamais* es un insecto destructivo que se alimenta de maíz almacenado a través del mundo, Morales (1972) encontró que contenidos de triptófano y lisina en los granos de maíz incrementan el número y peso de los gorgojos, lo que indica su valor en la nutrición. Betanzos (1980) también estudió efectos nutricionales de maíz sobre el gorgojo, concluyendo que el contenido de triptófano en los maíces evaluados incrementa en forma significativa la población de insectos y la velocidad de destrucción del grano, solo después de haber obtenido de dos a tres generaciones de insectos. Santos y Fontes, (1990) observaron que una simple larva de *S. zeamais* puede causar 18% de pérdida de peso a un simple grano.

La resistencia de plantas a insectos ha sido reconocida como un medio efectivo de reducir el daño a los cultivos, variedades resistentes a insectos involucran mínimos costos de producción ausencia de residuos de insecticidas en los alimentos, ninguna contaminación al ambiente, ningún daño a insectos benéficos y es compatible con otros tipos de control. (Suárez et al, 2004).

La resistencia genética de granos de maíz a insectos plagas de almacén es un componente importante del control integrado para usar en almacenamiento rural, pero los progresos que conducen a encontrar y usar tal resistencia han sido limitados. (Derera *et al*, 2001).

Fortier *et al*, (1982) concluyeron que el origen de la falta de resistencia del maíz al gorgojo es una combinación de la pobre protección del capacho, alto contenido de humedad, falta de resistencia superficial y falta de sustancias anti-alimentarias.

La liberación y uso de variedades modernas se ha acompañado de reportes que indican un incremento en la susceptibilidad a plagas de almacén (Kossou *et al*, 1993). Ejemplos de estas variedades incluyen híbridos (Pioneer 230, El Salvador) y poblaciones (TZSRW, IITA y Población 43 "La Posta", CIMMYT). Esta desventaja se debe a que el germoplasma mejorado se selecciona con criterios agronómicos que no consideran la evaluación de caracteres como la susceptibilidad a plagas de almacén. (Arnason, *et al*, 1994).

Se han desarrollado varios métodos para evaluar la susceptibilidad de materiales al ataque de *Sitophilus zeamais*. (McCain *et al*, 1964) expresan que el método más preciso para determinar la resistencia relativa del maíz al gorgojo *S. zeamais* es evaluar la progenie F1 de gorgojos infestantes. (Dobie, 1974) propuso el Índice de Susceptibilidad como método para medir la resistencia intrínseca de granos de



maíz al gorgojo *S. zeamais*, el índice considera el número de gorgojos emergidos y el tiempo de desarrollo de los insectos de la primera generación.

Redondo y Suárez, (2008), al evaluar el comportamiento de maíces criollos al ataque de *S. zeamais* encontraron que el genotipo Cariaco morado, con endospermo duro, pericarpio áspero, forma puntuda del grano y tamaño pequeño presentó el menor Índice de susceptibilidad. Así mismo el genotipo Cariaco amarillo, con endospermo dentado, pericarpio suave, forma del grano aguzada y tamaño grande, fue el más susceptible.

(Suárez y Santos, 1994) evaluaron maíces considerando características físicas y químicas de los granos al ataque del *S. zeamais*, concluyendo que ninguna de ellas explicó la reacción de los diferentes genotipos al ataque del gorgojo.

(Santos et al, 2006) al evaluar el índice relativo de susceptibilidad de líneas de maíces con calidad proteínica modificada al ataque de *S. zeamais* concluyeron que un grupo híbrido de estos maíces pueden ser portadores de genes para resistencia, y que esto puede ayudar para que necesariamente estos maíces no sean los mas susceptibles al ataque del gorgojo. (Ivbiłjaro, 1981) al evaluar nuevas variedades de maíz, por infestacion poscosecha al *S. zeamais* a través del índice de susceptibilidad, encontró valores que van de 3,01 de un maíz amarillo, considerado resistente a 9,53 considerado susceptible.



### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1 Generalidades del maíz**

El maíz es el tercer cultivo comercial por área sembrada a nivel mundial, después del trigo y del arroz, con una extensión de 125 millones de hectáreas que corresponde al 11,8 % del área cultivada mundial y con una producción de 215 millones de toneladas. (Ligarreto *et al*, 1998). Las razones de este privilegio se atribuyen a su alto rendimiento fisiológico, la facilidad de cosecha y de transporte, y la disponibilidad de variedades adaptadas a diferentes condiciones climáticas

El maíz constituye el 54 % del total de las fuentes alimenticias de la población humana y es el principal alimento en países como México, toda Centroamérica, Venezuela, Colombia, China, en países de África y del suroeste de Europa, donde el consumo por habitante es mayor de 50 Kg./ año. (González, 1995).

El maíz se cultiva en los pisos térmicos, de 0 a 2.800 msnm., en todas las regiones del país. Por ser nativo de América, la diversidad genética y la adaptación biológica son muy notorias, al igual que la tradición en el cultivo y el hábito de consumo. Es posible encontrar muchos tipos de maíz, sin embargo, desde el punto de vista comercial se diferencian los maíces duros (flint), que se cultivan en regiones cálidas y maíces harinosos, propios de las zonas frías, parte de los cuales se consume en choclo. Los colores predominantes son amarillos,



utilizado principalmente para la elaboración de concentrado para animales, y blanco usado por la industria harinera para el consumo humano. La producción se da dentro de una vasta diversidad tecnológica, en la cual habitualmente se distinguen dos sistemas de producción a saber: sistema tecnificado y tradicional. En el sistema tradicional se utilizan genotipos criollos, alto uso de mano de obra y muy poco uso de agroquímicos, y en el tecnificado se usan genotipos mejorados, mecanización y agroquímicos. (Bernal et al, 2006).

Las pérdidas de maíz pos - cosecha asociadas con plagas de granos almacenados, plantean un serio problema en países en vías de desarrollo, en especial para productores de escasos recursos. Se ha reportado que en regiones tropicales las pérdidas pueden ascender al 40%. (García y Bergvinson, 2007).

Entre los agricultores de bajos recursos las pérdidas globales en pos cosecha se reportan entre 10 y 40% Se ha demostrado que las pérdidas más importantes (>50%) ocurren bajo condiciones de manejo deficiente y nula asistencia técnica. (Markham et al, 1994).





### 3.2 Comportamiento del gorgojo (*Sitophilus zeamais*)

El orden Coleóptera es el más grande orden de insectos y contiene las plagas más comunes e importantes de productos almacenados. Los gorgojos tienen una amplia variedad de hábitats y casi pueden ser encontrados en todas partes. Los que están asociados con productos almacenados exhiben diferentes tipos de comportamiento, algunas son plagas primarias y otras secundarias, alimentándose directamente sobre el producto. (Sallam, 2008). Dentro del orden Coleóptera encontramos la familia Curculionidae la cual comprende un grupo grande de gorgojos que contienen algunas de las más serias plagas de cultivos y granos almacenados. Miembros de ésta familia se caracterizan por la forma del rostrum el cual es alargado en la mayoría de las especies. Esta familia contiene las más destructivas especies plagas de granos almacenados en el mundo, (Sallam, 2008), entre las cuales se puede mencionar al *Sitophilus zeamais*.

El gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky oviposita en cavidades realizadas sobre el grano, un simple huevo es depositado en el fondo de cada cavidad y una vez que retrae el ovipositor deposita un material gelatinoso sobre la parte de arriba del huevo hasta la superficie del grano, este material se endurece rápidamente para formar un tapón protector, una vez eclosiona la larva se alimenta dentro del grano formando túneles y luego empupa al final del túnel. El

adulto puede permanecer dentro del grano antes de la eclosión. (Arbogast y Mullen, 1987).



### 3.3 Características propias del grano de maíz

Existe la posibilidad de que un material genético no sea preferido por los insectos para ovipositar, debido a sus propiedades intrínsecas. (Beck, 1965). Así mismo es posible asociar la preferencia alimenticia y reproductiva de los insectos con el contenido químico y las características físicas del grano. (Betanzos, 1980).

Recientemente se reportó que los componentes de la pared celular del pericarpio que incluye ácidos fenólicos simples, ácidos difenólicos, y proteínas estructurales están relacionados con la dureza del grano y la resistencia a *S. zeamais*. (García-Lara et al, 2004).

La tolerancia al ataque de insectos ha sido atribuida a factores como dureza, tamaño y textura del grano, contenido de amilosa, contenido de fenoles, presencia de sustancias anti alimentarias y ácidos felúrico y cumárico, así como al espesor del pericarpio y al contenido de humedad. (Arenas et al, citados por Palafox et al, 2008).

La resistencia genética de granos de maíz a insectos de productos almacenados es un importante componente de control integrado para usar en almacenamiento,



pero los progresos que conducen a encontrar y a usar tal resistencia han sido limitados. (Derera *et al*, 2000).

## 4. JUSTIFICACION

Lagunés (1994) señala que cada año, se tienen pérdidas de maíz durante los procesos de producción y almacenamiento de hasta el 30 y 40%. Para el control de esta plaga, normalmente se hacen aplicaciones de insecticidas químicos clorados y fosforados; los cuales causan daños al medio ambiente, al ser humano y a los animales. El manejo y control de plagas en almacén, tradicionalmente se ha realizado por medio de químicos, sin embargo esta medida resulta desventajosa por los altos costos, el exceso de mano de obra y los efectos nocivos que se generan por su uso, por tal razón es necesario hacer estudios de exploración de germoplasmas de maíz, con el fin de encontrar fuentes de resistencia al ataque de plagas de almacén como alternativas al uso de agroquímicos. (García *et al*, 2005).

A finales de las próximas dos décadas, el mundo tendrá que alimentar a aproximadamente 2.5 mil millones más de personas, con menos tierra de labranza, menos recursos renovables y no renovables, y menos agricultores. Este desafío emerge en un contexto de urbanización acelerada, de cambios climáticos, de globalización, y de fluctuación en los precios de los granos básicos. Esta situación está acentuada especialmente en los países menos desarrollados, donde se presenta la mayor concentración del crecimiento poblacional. De manera contraria, el nivel de producción de los cultivos alimenticios se ha reducido de una tasa de 2.9% durante la revolución verde a 1.9% actualmente (Bergvinson y

García-Lara, 2004). La importancia del maíz en el mundo y en especial en Colombia justifica la realización de estudios sobre el comportamiento de genotipos al ataque de plagas, en especial el gorgojo considerado de lo mas devastador a nivel de almacenaje.

La información obtenida puede ser utilizada en trabajos posteriores que provean alternativas de manejo de plagas considerando el tipo de investigación y producción, se disminuirían costos de producción, se obtendrían productos finales limpios y no se atentaría contra el ecosistema y la salud humana.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el comportamiento de maíces híbridos comerciales comparados entre sí y con materiales criollos al ataque del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* considerando principalmente las características físicas de los granos

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar el número de insectos de dos generaciones, emergidos de cada genotipo en las dos generaciones.
2. Estimar el tiempo de desarrollo de dos generaciones del gorgojo en cada genotipo.
3. Determinar el índice de susceptibilidad de cada genotipo al ataque de dos generaciones del gorgojo.



## **6. DESARROLLO DEL TRABAJO**

### **6.1. Instalaciones y Equipos**

Este trabajo fue realizado en el laboratorio de Entomología de la Universidad del Magdalena, localizado en Santa Marta, Magdalena, Colombia con Temperatura promedio de 28°C Humedad Relativa de 70% Geográficamente localizada a 74° 07' y 74° 12' de longitud Oeste en el meridiano de Greenwich 11°11'y 11°14'de latitud Norte.

Como recipientes de las muestras de cada genotipo, se usaron 8 vasos de icopor de 12 onzas de capacidad (Figura 1) con tapas plásticas con orificios en la parte central para permitir la aireación, más no el escape de los gorgojos. Para la separación de los gorgojos de los granos se utilizaron bandejas con mallas N-. 40. (Figura 2)

### **6.2. Genotipos de maíz**

Los genotipos fueron identificados y clasificados considerando sus características fenotípicas (Tabla 1), (Figura 3) Puya samario y Blanco criollo fueron obtenidos en comercializadoras de maíz en Santa Marta, Cuba amarillo y Puya vallenato fueron obtenidos en Valledupar (Cesar) y los híbridos NB- 7443, NB-7315, NB-7206, NB-7253, fueron aportados por una compañía privada. Estos maíces



híbridos han sido liberados como comerciales y se incluyen tratando de hacer posibles comparaciones relativas.



**Figura 1.** Vasos de icopor de 12 onzas utilizados en el estudio con *Sitophilus zeamais* a nivel de laboratorio



**Figura 2.** Bandeja con malla N° 40 para separación y conteo de los gorgojos en el laboratorio

### **6.3. Cría de los Insectos**

Los adultos de *S. zeamais* que se usaron en el estudio, se obtuvieron de una cría mantenida en el laboratorio de Entomología de la Universidad del Magdalena conforme a la técnica propuesta por Strong et al (1967). Ellos tenían dos semanas de edad al momento de la infestación de los genotipos y fueron clasificados según el sexo siguiendo las indicaciones de Halstead (1962) (Figura 4) La identificación

de la especie fue confirmada por la observación de la genitalia (Halstead, 1963).  
(Figura 5).

#### **6.4. Desinfestación de los granos**

Las muestras de granos, no fueron tratados con insecticidas, se colocaron en un freezer marca Westinghouse (-15°C) por un periodo de ocho días para eliminar cualquier infestación de insectos.

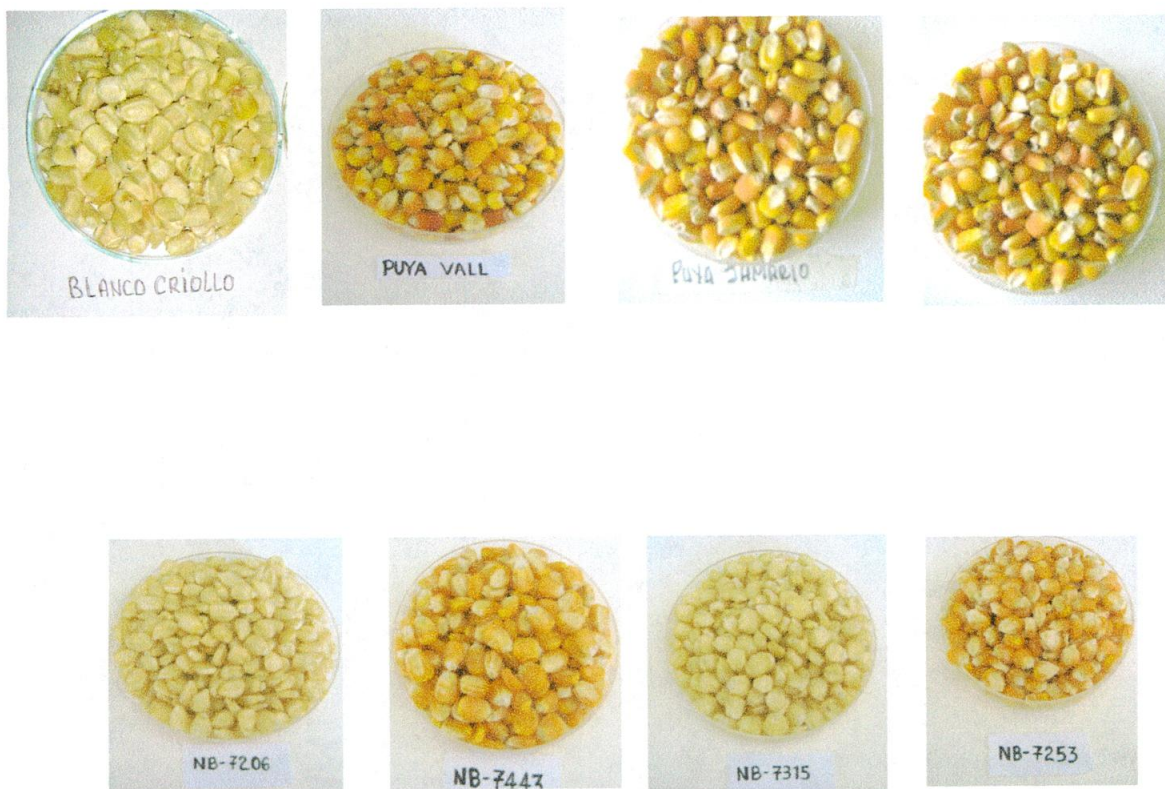
#### **6.5. Humedad de los granos**

La humedad de los granos de cada genotipo (Tabla 2) fue medida con un determinador de humedad marca Ohaus, existente en el laboratorio de Química de la Universidad del Magdalena (Figura 6)



**Tabla 1.** Identificación y características de los genotipos de maíz a evaluar por susceptibilidad al ataque de *S. zeamais*.

Tmtos	Genotipos	Tamaño cc/100gr	Endosper Den -- Duro	Color grano	Forma grano
T1	NB-7443	0,48	X	amarillo	Rectangular
T2	NB-7315	0,36	X	Blanco translucido	Rectangular
T3	NB-7206	0,33	X	Blanco perlado	Irregular
T4	Cuba amarillo	0,37	X	amarillo	Triangular
T5	Puya samario	0,37	X	amarillo	Cilíndrico
T6	Blanco criollo	0,49	X	blanco	Triangular- irregular
T7	Puya vallenato	0,36	X	amarillo	Triangular
T8	NB-7253	0,40	X	amarillo claro	Triangular

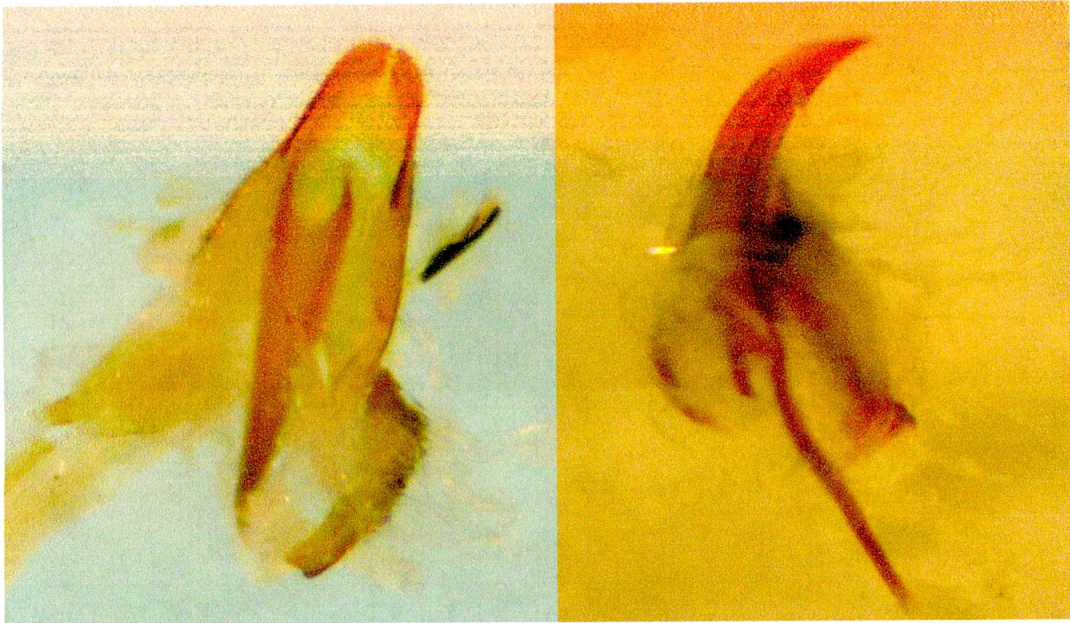


**Figura 3.** Genotipos criollos e híbridos usados en el estudio con *S. zeamais* a nivel de laboratorio.





**Figura 4.** Diferenciación sexual de hembra y macho de *S. zeamais* con base en el aspecto y grosor del rostrum



**Figura 5** Genitalias de hembra y macho respectivamente de *S. zeamais* utilizadas para confirmación de la especie.

**Tabla 2.** Contenido de humedad de los granos de cada genotipo al inicio y final del experimento

<b>TMTOS</b>	<b>Genotipos</b>	<b>Humedad inicial (%)</b>	<b>Humedad final (%)</b>
T1	NB-7443	12,2	7,45
T2	NB-7315	12,4	7,90
T3	NB-7206	12,5	8,20
T4	Cuba amarillo	12,4	9,00
T5	Puya samario	12,0	8,75
T6	Blanco criollo	12,6	8,70
T7	Puya vallenato	12,8	8,45
T8	NB-7253	12,3	8,30





**Figura 6.** Determinador de humedad empleado para ajustar el contenido de humedad de los granos de lo genotipos en el estudio con *S. zeamais*



## 6.6. Infestación de las muestras

Cada muestra de los genotipos (100 g /repetición) fue infestada con 10 hembras y 10 machos de *S. zeamais* por un período de 10 días para permitir oviposición, pasado ese tiempo esos insectos se retiraron. A partir de los 30 días después de la infestación, se verificó la emergencia diaria de los insectos de la progenie F 1 en cada genotipo. Se obtuvo el número total de insectos F1 y el periodo promedio de desarrollo para cada repetición. Obtenido el número suficiente de insectos F1 se dispuso de los mismos genotipos (nuevas muestras) sometidos a las mismas condiciones y se realizó la parte correspondiente a obtener la segunda generación. En ésta segunda parte del estudio el contenido de granos/repetición, fue de 200 granos de cada genotipo, considerando lo realizado por Santos et al (2006).



## 7. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño utilizado fue el de bloques al azar con tres repeticiones. Para llegar a los resultados encontrados se realizó un análisis de varianza, una prueba de media (Tukey 5 %) y un análisis de correlación entre las diferentes variables. Se utilizó un programa estadístico como ayuda en el análisis de datos llamado Statgraphics plus 5.1

Para los datos que no fueron normales en relación con la variable de estudio fueron transformados usando  $\sqrt{x+0,5}$  para realizar el ajuste requerido del análisis de varianza. La susceptibilidad de los genotipos utilizados se evaluó a través del Índice de susceptibilidad (I.S.) propuesto por Dobie (1974), que considera el número de insectos emergidos por día y el tiempo promedio de desarrollo. Como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$I.S. = \frac{\text{Log } \sum X}{T_x} \cdot 100 \qquad T_x = \frac{\sum (X \cdot Y)}{\sum X}$$

Donde:

$T_x$  = Tiempo promedio de desarrollo

$X$  = Número de insectos emergidos cada día

$Y$  = Número de días de infestación a emergencia



## 8. LIMITACIONES

La resistencia genética de granos de maíz a insectos de productos almacenados es un importante componente de control integrado para usar en almacenamiento, pero los progresos que conducen a encontrar y a usar tal resistencia han sido limitados. (Derera *et al*, 2000).

El manejo y control de plagas en almacén, tradicionalmente se ha realizado con agroquímicos, sin embargo esta medida resulta desventajosa por los altos costos, el exceso de mano de obra y los efectos nocivos que se generan por su uso, por tal razón es necesario hacer estudios de exploración de germoplasmas de maíz, con el fin de encontrar fuentes de resistencia al ataque de plagas de almacén como alternativas al uso de agroquímicos. (García *et al*, 2005).



## **9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **9.1. Número de gorgojos F1 emergidos de los genotipos**

La tabla 3 muestra el número de gorgojos emergidos de los genotipos. El análisis de varianza (Anexo2) mostró un valor de F altamente significativo ( $F = 9,7802^{**}$ ) Indicando que hubo efecto de los genotipos en el número de gorgojos emergidos. Los maíces criollos Puya vallenato, Blanco criollo, Cuba amarillo y Puya samario, presentaron el mayor numero de gorgojos en la progenie F1, números que no difieren significativamente entre si. Los genotipos híbridos presentaron el menor número de gorgojos emergidos. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Suárez et al, (1994) y Redondo y Suarez, (2008) quienes observaron que maíces comerciales duros y suaves y maíces criollos presentaron el mayor número de gorgojos de la progenie F1 Así mismo (Kitaw et al, 2001) concluyeron que de la mayoría de híbridos comerciales evaluados por resistencia al gorgojo, emergen menores números de progenie F1 al compararlos con variedades, lo cual concuerda con lo observado en nuestro estudio.

Bamaiyi et al, (2007), al evaluar genotipos de sorgo al ataque del gorgojo concluyeron que existe una alta variabilidad con respecto al número de emergentes F1, reflejando la habilidad inherente de un genotipo particular para resistir el ataque de la plaga y que eso puede ser atribuido a las diferencias en las características físicas entre los granos de los diferentes materiales estudiados. En

nuestro estudio el numero de gorgojos emergidos fue bastante variable lo cual concuerda con lo observado por los autores mencionados.

## **9.2. Periodo de Desarrollo de los gorgojos F1 emergidos de los genotipos**

La tabla 4, anexo 3 muestra el periodo medio de desarrollo del gorgojo. El análisis de varianza (Anexo 4) mostró que entre los genotipos hay diferencias significativas en el número de días requeridos por el insecto para emerger de los granos ( $F = 13,8477^{**}$ )

El genotipo híbrido comercial, con endospermo duro, color amarillo, tamaño grande, NB-7443, fue el menos adecuado para el desarrollo del gorgojo con un promedio de 47 días, siendo significativamente diferente al resto de genotipos.

El genotipo criollo, Puya vallenato, con endospermo duro, color amarillo y tamaño menor que el anterior fue el más adecuado para el desarrollo del gorgojo con una duración de 38,66 días

Hubo poca variabilidad en el tiempo de desarrollo, entre los diferentes genotipos, contrastando con lo encontrado por (Bamaiyi et al ,2007) al estudiar la susceptibilidad de materiales de sorgo al ataque de *S. oryzae*

**Tabla 3** Número promedio de gorgojos de la progenie F1 de *Sitophilus zeamais* emergidos de los genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas

Genotipos	Número de Gorgojos ( X ) <sup>1</sup>
7. Puya Vallenato	231,00 A
6. Blanco criollo	166,66 AB
4. Cuba amarillo	133,00 ABC
5. Puya samario	104,66 ABCD
8. NB - 7253	31,00 BCD
3. NB - 7206	27,33 CD
2. NB - 7315	15,60 CD
1. NB - 7443	5,33 D

<sup>1</sup> Promedios de tres repeticiones. Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre si al 5% de probabilidades por Tukey. Para análisis estadístico los datos fueron transformados por  $\sqrt{x+0,5}$





**Tabla 4** Tiempo de desarrollo del *Sitophilus zeamais* F1 en genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas

Genotipos	Periodo de desarrollo (Días) <sup>1</sup>
1. NB-7443	47.0000 A
2. NB-7315	43.0000 B
4. Cuba amarillo	42.8100 B
5. Puya samario	42.5267 B
3. NB-7206	42.4500 B
8. NB-7253	42.4500 B
6. Blanco criollo	41.1433 BC
7. Puya vallenato	38.6667 C

<sup>1</sup> Promedio de tres repeticiones. Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre si al 5% de probabilidades por la prueba de Tukey.

### **9.3. Índice de Susceptibilidad de los genotipos a la generación F1 del gorgojo**

La tabla 5 muestra el Índice de Susceptibilidad de cada genotipo de maíz, obtenido a partir de los datos registrados en las tablas anteriores, según Dobie (1974). El análisis de varianza (Anexo 6) mostró diferencias altamente significativas ( $F = 14,1353^{**}$ ). El genotipo Puya Vallenato presentó el mayor número de gorgojos emergidos y el menor tiempo de desarrollo como consecuencia presentó el mayor Índice de Susceptibilidad.

El híbrido comercial NB-7443 entretanto originó el menor número de gorgojos emergentes y el mayor tiempo para que se desarrollaran los gorgojos siendo el mas resistente de los genotipos, lo cual concuerda con lo observado por Redondo y Suarez (2004), Santos *et al*, (2006) y Suárez *et al*, (1994) en genotipos con similares características

Los genotipos criollos presentaron el mayor Índice de Susceptibilidad, a excepción del Puya Samario que fue diferente del Puya Vallenato y del Blanco Criollo e igual a los híbridos comerciales

Los híbridos comerciales tuvieron el menor Índice de Susceptibilidad concordando con lo observado por Santos *et al*, (2006).

En el presente estudio, ninguno de los parámetros estudiados parece ser responsable del comportamiento de los genotipos ante el ataque del *S. zeamais*

Adesuyi (1979) reportó que la resistencia de genotipos al ataque del gorgojo esta relacionada con la presencia de alcaloides tóxicos, o amino ácidos en los granos, revestimiento de la semilla que impide la oviposición, enzimas digestivas inhibidoras y dureza del grano.

Ramputh *et al*, (1999) reportaron que contenidos fenólicos son bien conocidos por estar directamente involucrados en la resistencia a insectos en muchas plantas.

A pesar de que las características físicas del grano (Dureza) fueron iguales hubo diferencias en todos los genotipos en estudio comparando esto con el Índice de susceptibilidad, pues mientras el más susceptible es de carácter duro, también lo es el menos susceptible. Suárez *et al*, (1994) al estudiar características físicas y químicas de genotipos de maíz contra el *S. zeamais* concluyeron que ninguna de las características físicas evaluadas tuvo que ver con el comportamiento de los diferentes genotipos ante el ataque del gorgojo.

## **9.4. Valores de Correlaciones entre las variables**

La tabla 6 muestra los valores de las correlaciones entre las variables consideradas. El número de adultos emergidos (AE) y el tiempo de desarrollo (TD) correlacionaron significativamente con el Índice de Susceptibilidad ( $r = 0,8569^{**}$ ) y ( $r = -0,8816^{**}$ ) respectivamente, indicando que cuando mayor es el número de gorgojos emergidos y menor el tiempo de desarrollo, mayor es el Índice de Susceptibilidad, Suarez et al (1994) al evaluar genotipos de maíz con diferentes características físicas y químicas también encontraron correlación significativa entre las mismas variables.

---



**Tabla 5.** Índice de Susceptibilidad de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas al ataque de la generación F1 de *S. zeamais*

Genotipos	Índice de Susceptibilidad *
7. Puya vallenato	12.3600 A
4. Cuba amarillo	10.8883 AB
6. Blanco criollo	10.7300 ABC
8. NB-7253	8.2467 BC
2. NB-7315	8.1267 BC
3. NB-7206	7.5567 BCD
5. Puya samario	7.4867 CD
1. NB-7443	4.2133 D

\* Promedio de tres repeticiones. Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente por Tukey (5%)

**Tabla 6** Valores de las correlaciones entre las variables considerando la susceptibilidad de ocho genotipos de maíz al *S. zeamais*

		I.S	A.E	T.D.	G.	T.G	C.G	D.
		24	24	24	24	24	24	24
A.E	24	0.8569 **						
T.D	24	-0.8816 **	-0.7817 *					
G	24	NS	NS	-0.7308 *				
T.G	24	NS	NS	NS	NS			
C.G	24	NS	NS	NS	NS	NS		
D	24	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

Los números junto a las variables indican número de observaciones

A. E = Adultos emergidos

T.G = Tamaño de grano

T.D = Tiempo de desarrollo

C.G = Color de grano

I.S = Índice de Susceptibilidad

D = Dureza

G = Genotipos

\* = significativa al 5%

\*\* = Significativa al 1%



## **9.5. Número de gorgojos F2 emergidos de los Genotipos**

La tabla 7 muestra el número de gorgojos F2 emergidos de los diferentes genotipos. El análisis de varianza (Anexo 8) mostró diferencias altamente significativas ( $F = 13,2174^{**}$ ) indicando el efecto de los genotipos sobre el número de gorgojos emergidos, al igual que en la primera generación los maíces criollos presentaron el mayor número de emergentes F2, pero el Puya vallenato fue estadísticamente diferente al resto de genotipos, los híbridos presentaron el menor número de gorgojos emergentes, siendo estadísticamente iguales entre ellos, pero el NB-7253 ocupó el último lugar con el menor promedio de emergentes F2. Se puede decir que se observó la misma tendencia que con la primera generación, mayor número de emergencia de gorgojos en los maíces criollos y menor en los híbridos.

## **9.6. Periodo de Desarrollo de los gorgojos F2 emergidos de los genotipos**

La tabla 8 presenta los resultados del periodo de desarrollo de los gorgojos F2 emergidos de los diferentes genotipos. Un análisis de varianza (Anexo 10) mostró diferencias altamente significativas ( $F = 35,2399^{**}$ ). Se observan dos grupos diferentes estadísticamente, los híbridos comerciales donde la progenie F2 del gorgojo empleó el mayor tiempo para la emergencia y los maíces criollos que ofrecieron mejor disponibilidad y el gorgojo empleó el menor período para completar su ciclo, estos resultados siguen la misma tendencia observada en la generación F1 donde el genotipo Puya vallenato fue el mas adecuado y el NB-7453 el menos adecuado para el desarrollo del *S. zeamais*.



**Tabla 7** Número promedio de gorgojos de la progenie F2 de *Sitophilus zeamais* emergidos de los genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas.

GENOTIPOS		NÚMERO DE GORGOJOS ( X ) <sup>1</sup>
7	Puya vallenato	5.6667 A
5	Puya samario	3.6667 B
4	Cuba amarillo	3.3333 BC
6	Blanco criollo	3.0000 BCD
3	NB-7206	3.0000 BCD
1	NB-7443	2.3333 BCD
2	NB-7315	1.6667 CD
8	NB-7253	1.3333 D

<sup>1</sup> Promedios de tres repeticiones. Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre si al 5% de probabilidades por Tukey. Para análisis estadístico los datos fueron transformados por  $\sqrt{x+0,5}$

**Tabla 8** Periodo de desarrollo de *Sitophilus zeamais* F2 en genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas

Genotipos		Periodo de desarrollo (Días) <sup>1</sup>
1	NB-7443	44.6400 A
3	NB-7206	44.3700 A
2	NB-7315	44.3333 A
8	NB-7253	44.0000 A
6	Blanco criollo	35.6667 B
5	Puya samario	34.2900 B
4	Cuba amarillo	34.1033 B
7	Puya vallenato	32.0133 B

<sup>1</sup> Promedio de tres repeticiones. Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre si al 5% de probabilidades por la prueba de Tukey.

## **9.7. Índice de Susceptibilidad de los genotipos a la generación F2 del gorgojo**

La tabla 9 muestra el índice de susceptibilidad de los genotipos criollos e híbridos comerciales al ataque de la segunda generación del *S. zeamais*

Un análisis estadístico (Anexo 12) mostró diferencias altamente significativa ( $F = 23,4772^{**}$ ) indicando diferente comportamiento de los genotipos al ataque del insecto. El genotipo criollo Puya vallenato al igual que en la primera generación presentó el mayor número de gorgojos F2 emergentes y el menor tiempo para que el insecto desarrollara su ciclo biológico, por lo tanto su índice de susceptibilidad fue el mas alto con un valor mayor de 11 y fue estadísticamente igual al Puya samario pero diferente al resto de genotipos. El híbrido comercial NB-7315 fue el más resistente con un Índice de susceptibilidad de cero, no dio origen a ningún gorgojo emergente F2. Los maíces criollos presentaron el mayor índice de susceptibilidad, los híbridos comerciales presentaron los menores valores. Es posible que el hecho de que el genotipo NB-7315 presentara valor cero para el IS esté relacionado con el contenido de humedad del grano en el momento de la infestacion que estaba cercano a 7. Estos resultados concuerdan con lo observado por Santos et al, (2006) cuando estudiaron la susceptibilidad de diferentes materiales, entre ellos híbridos comerciales al ataque de *S. zeamais*, y con Júnior et al, (2008) que al evaluar híbridos de maíz al ataque del *Sitophilus*

**zeamais**, encontraron que todos los híbridos mostraron cierto grado de susceptibilidad, pero en los híbridos mas resistentes, ocurrió menor emergencia de adultos y mayor tiempo para que el gorgojo completara su ciclo de vida.





**Tabla 9** Índice de Susceptibilidad de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas al ataque de la generación F2 de *S. zeamais*

---

**GENOTIPOS**

**PROMEDIOS**

---

7	Puya vallenato	11.4033 A
5	Puya samario	8.1933 AB
4	Cuba amarillo	7.2367 B
6	Blanco criollo	6.8667 B
3	NB.7206	6.8100 B
1	NB-7443	6.3400 B
8	NB-7253	1.4433 C
2	NB-7315	0.0000 C

---

\* Promedio de tres repeticiones. Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente por T

## 10. CONCLUSIONES

El genotipo criollo con endospermo duro Puya vallenato, presentó el mayor número de gorgojos emergidos en la progenie F1, el genotipo híbrido comercial, con endospermo duro: NB-7253 presentó el menor número de gorgojos

El genotipo Puya vallenato, fue el más adecuado para el desarrollo de la primera generación del gorgojo con un tiempo de 38,66 días, mientras que el NB-7253 fue el menos, con un tiempo de 47,00 días.

Considerando el Índice de Susceptibilidad, el maíz híbrido NB-7253 fue el más resistente, éste maíz no fue estadísticamente diferente al genotipo criollo Puya samario, lo cual puede indicar que características genéticas no consideradas en el estudio pueden ser importantes para programas de mejoramiento, en forma general los híbridos comerciales, presentaron menor índice de susceptibilidad al gorgojo.

Las características físicas consideradas en el estudio no explicaron el comportamiento del gorgojo para preferir un genotipo en particular, considerando que no correlacionaron entre si ni con ninguna otra variable

El genotipo Puya vallenato también presentó el mayor número de gorgojos emergidos en la progenie F2 y el híbrido comercial NB-7253 el menor, éste hecho es importante pues nos puede estar indicando que los genotipos conservan las características de susceptibilidad o resistencia a las dos generaciones del insecto

Con relación al tiempo de desarrollo para la generación F2, los genotipos formaron dos grupos, los híbridos comerciales presentaron el mayor tiempo, siendo estadísticamente iguales entre ellos pero diferentes con respecto a los genotipos criollos que arrojaron el menor tiempo de desarrollo, destacando el Puya vallenato con un tiempo mínimo de 32,01 días

Considerando el Índice de Susceptibilidad, los genotipos más resistentes para la generación F2 del gorgojo fueron los híbridos NB-7253 y NB-7315 que fueron significativamente iguales pero diferentes del resto de tratamientos. Los híbridos comerciales presentaron un mejor comportamiento que los genotipos criollos ante el ataque de las dos generaciones del gorgojo.

## **11. RECOMENDACIONES**

La creación de un banco de germoplasma que contenga variedades criollas que posean características de resistencia y así disminuir las pérdidas de maíz a causa del gorgojo *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), ya que la mayoría del mejoramiento que se realiza en las plantas de maíz es para aumentar la producción y la resistencia al ataque de enfermedades y plagas en campo.

Realizar estudios para el mejoramiento de las estructuras de almacenamiento de los granos de maíz y capacitación de los agricultores en cuanto a las formas más eficaces del manejo de su producción para ser almacenado sin la utilización de productos químicos en el control de plaga



## 12. BIBLIOGRAFIA

- ❖ **Adesuyi, S.A.**, 1979. Relative resistance of some maize varieties to attack by *Sitophilus zeamais*. Nigerian Stored Products Research Institute. 14th Annual Report.
- ❖ **Andrews, KL; Quezada, JR.** 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Honduras, EAP/Zamorano. 623 p.
- ❖ **Arbogast, T, R y Mullen A, M.** 1987 Dynamic of *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) Populations in a small bula of stored corn. Res. Popul. Ecology 29:1=15
- ❖ **Arnason J T, Baum B, Gale J, Lambert J D H, BergvinsonD, Philogene B J R, Serratos A, Mihm J y Jewell D C**(1994) Variation in resistance of Mexican landraces of maize to maize weevil *Sitophilus zeamais*, in relation to taxonomic and biochemical parameters. Euphytica 74:227-236.
- ❖ **Bamaiyi L.J., Ndams I.S., Toro W.A., and Odekina S.,** (2007), Laboratory evaluation of mahogany (*Khaya senegalensis* (Desv.) seed oil and seed powder for the control of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae) on stored cowpea, J. Entomol.. 4: 237-242
- ❖ **Beck, S.** 1965. Resistance of plants to insects. Annual Review of Entomology 10: 207-232.
- ❖ **Bergvinson, D. J. and García-Lara, S.** 2003. Advances in tropical maize resistance to storage pests. In: CIMMYT (ed.). International Symposium on Plant Breeding. México, D. F. p. 2-3.
- ❖ **Bergvinson D, García-Lara S, Díaz-Pontones D.** 2004. Estrategias en postcosecha para reducir las pérdidas en maíz debido a plagas. In: UAM. Nuestra Agricultura en el tercer milenio. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (In press).
- ❖ **Bernal, HJ; Caicedo, GS y Guevara EJ** 2006. Híbridos de maíz amarillo adaptados a suelos ácidos de la altillanura plana colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Transferencia de Tecnología En: [www.Corpoica.org.co](http://www.Corpoica.org.co)
- ❖ **Betanzos, ME** 1980. Selección de Variedades de maíz de alta calidad proteinica por resistencia al picudo del maíz *Sitophilus zeamais* (Motsch.) Agric. Tec. Mex. Vol6 (1): 45-66
- ❖ **Classen D, Arnason J T, Serratos J A, Lambert J D H, Nozzolillo C y Philogene B J R** (1990) Correlation of phenolic acid content of maize to

- resistance to *Sitophilus zeamais*, the maize weevil in CIMMYT's collections. *J Chem Ecol* 16: 301-315.
- ❖ **Danho M, Casper C, Haubruge E** (2002). The impact of grain quantity on the biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): Oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio. *J. Stored Prod. Res.* 38:259-266.
  - ❖ **Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE**, 2004. Documento maíz tecnificado en Colombia. (En línea) DANE, publicación de archivo. (Citado el 20 de agosto 2011). Disponible en internet [www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/.../maiz\\_tecnificado.p](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/.../maiz_tecnificado.p).
  - ❖ **Derera, J; Pixley, KV y Giga, DP**. 2000 Resistance of maize to the maize weevil: I. Antibiosis. *African Crop Science Journal*. Vol 9 (2):431-440
  - ❖ **Derera, J; Pixley, P y Denash GP** 2001 Resistance of maize to the maize weevil: I Antibiosis. *African Crop Science Journal* VOL. 9 nº 2: 431-440
  - ❖ **Dobie, P.** 1973 An investigation into the use of an X ray technique in the study of pre-emergent stages of *Sitophilus* spp developing in Manitoba wheat. *J. Stored Prod. Res.* Vol. 9:7-12
  - ❖ **Dobie, P.** 1974 Laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize lines to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motschulsky. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal Stored Products Research*, Vol 10:183-197 En: <http://maize.agron.iastate.edu/general.html>.
  - ❖ **FENALCE**, El cultivo de maíz, historia e importancia. (En línea). FENALCE, Publicación de archivo. (Citado el 20 de agosto 2011). Disponible en internet. [www.fenalce.org/arch\\_public/maiz93.pdf](http://www.fenalce.org/arch_public/maiz93.pdf)
  - ❖ **FONAIAP Divulga No. 27**. Recomendaciones para la prevención y control de plagas en granos almacenados. (Enero-Marzo 1988). (Citado el 2 de diciembre 2011). Disponible en internet. [sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/Fonaiappdivulga/fd27/texto/recomendaciones.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/Fonaiappdivulga/fd27/texto/recomendaciones.htm)
  - ❖ **Fortier, G; Arnason, JT; Lambert, JDL; McNeill, J; Nozzolillo, C and Philogene, BJR** 1982 Local and improved corns (*Zea mays*) in small farm agriculture in Belize, CA; taxonomy, productivity, and resistance to *Sitophilus zeamais* *Phytoprotection* Vol 63(2): 68-78
  - ❖ **Garcia, LS; Bergvinson, Dj; Burt, AJ; Ramput, AL; Diaz, DMP y Arnason, T,J** 2004. The role of pericarp cell wall components in maize weevil resistance *Crop Sci.* 44:1546-1552
  - ❖ **García, L.S y Bergvinson, D.** 2007 Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica en México* Vol 33(2): 181-189





- ❖ **Garcia, L. S, Espinosa, C y Bergvinson, D.** 2007 Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México, D.F.CIMMYT.)
- ❖ **García-Lara, S.; Bergvinson, D. J.; Burt, A. J.; Ramputh, A. I.; Díaz-Pontones, D. M. and Arnason, J. T.** 2004. The role of pericarp cell wall components in maize weevil resistance. *Crop Sci.* 44:1546-1552.
- ❖ **García, Z.E; Molina, GJ y García, Z.J.** 2005 Dinámica poblacional y preferencia de gorgojos y palomillas en maíz almacenado con baja humedad del grano. *Folia Entomológica Mexicana* Vol.44 (2):145-154
- ❖ **González, U,** 1995. El maíz y su conservación. Primera edición. Trillas, México, 399 pp.
- ❖ **Halstead, DGH.** 1963 The separation of *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Sitophilus orizae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) with a summary of their distribution. *Entom. Mon. Mag.* Vol. 99:72-74
- ❖ **Ivbiłjaro, MF.** 1981 The resistance of new varieties of maize to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch and *Sitophilus oryzae* (L.) The *Journal of Agricultural Science* Vol. 96:479-481
- ❖ **Junior, MAL; Vilarinho, A.A; Cizinho de Paiva, SWR e Barreto, SHC.** 2008 Resistência de híbridos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em condições de armazenamento. *Rev. Acad. Cien. Agrar. Ambient.. Curitiba.* Vol 6(1): 45-50
- ❖ **Kitaw D, Eticha F, Tadesse A** (2001). Response of comercial varietis and other genotypes of maize for resistance to the maizeweevil (*Sitophilus zeamais* Motsch) (Coleoptera: Curculionidae) Seventh easter and Southern African regional Maize Conference 11th-15th Febrero 2001 pp92-101En: <http://www.academicjournals.org/ajb/PDF/pdf2008/17Apr/Babarinde%20et%20al.pdf>
- ❖ **Kossou D K, Marech J H y Bosque-Perez N A** (1993) Comparison of improved and local maize varieties in the Republic of Benin with emphasis on susceptibility to *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *J Stored Prod Res* 29: 333-34.
- ❖ **Lagunés, T.** 1994. Extractos, polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Memoria. Colegio de Postgraduados- USAID-CONACYT-BORUCONSA. Montecillo. Texcoco, Edo. Mex., México. 32 pp.
- ❖ **Legg DE; Barney, RJ, Tipping, PW and Rodriguez, JG.** 1987. Factors influencing the distribution of maize weevil (Coleoptera: Curculionidae) eggs on maize. *Environ. Entomol.* Vol. 16:809-813

- ❖ **Ligarreto M. G.; Ballén P A y Huertas, D.** Evaluación de las características cuantitativas de 25 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) de la zona andina Revista Corpoica. Vol 2 (2) 1998
- ❖ **Markham R. H., Bosque-Perez N. A., Borgemeister C. and Meikle W. G.** 1994 Developing pest management strategies for the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, and the larger grain borer, *Prostephanus truncatus*, in the humid and sub-humid tropics. FAO Plant Prot. Bull. 42. 125-136
- ❖ **McCain, F.S; Eden, W.G; y Sing, D.N.,** 1964 A technique for selecting for rice weevil resistance in corn in the laboratory. Crop. Science 17:27-28
- ❖ **McNee, KJ** 2002 Maize Kernel Components and their Roles in Maize Weevil Resistance: My Summer in Mexico.
- ❖ **Morales, AC.** 1972 Nutritive value and susceptibility of opaque-2 composite K and different types of corn to the larger rice weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. Philippine Agriculturist 74:280-286
- ❖ **Palafox C. A.; Sierra M.M; Espinosa C.A; Rodríguez, MF y Becerra, LNE.** 2008 Tolerancia a infestación por gorgojos (*Sitophilus* spp.) en genotipos de maíz comunes y de alta calidad proteínica. Agronomía Mesoamericana 19(1): 39-46
- ❖ **Ramputh, A., A. Teshome, D.J. Bergvinson, C. Nozzolillo and J.T. Arnason,** 1999. Soluble phenolic content as an indicator of sorghum grain resistance to *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res., 35: 57-64.
- ❖ **Redondo, y Suárez, G.H.** 2008 Resistencia de cinco genotipos de maíz al ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) a nivel de laboratorio. Revista de la Facultad de Ingenierías, RE'TAKVN Vol.1 (1).
- ❖ **Sallam, MN** .2008 Chapter II Insect Damage: Damage on Post-harvest Major insect pests of stored foods. International Centre of Insect Physiology and Ecology En: <http://www.icipe.org/>
- ❖ **Santos, J. P.; Fontes, R. A.** 1990 Armazenamento e Controle de insetos no milho estocado na propriedade agrícola. Informe Agropecuario. Belo Horizonte, Vol. 14(164): 40-45
- ❖ **Santos P J; Guimaraes, P; Waquil, MJ y Foster, EJ.** 2006 Relative Index of Susceptibility to the maize weevil *Sitophilus zeamais* among some QPM corn lines. Revista Brasileira de Milho e Sorgo Vol 5(2): 159-169
- ❖ **Suárez, G. H; Santos, P. J y Lima, J. O.** 1994 Resistencia de Genotipos de Maíz con diferentes características físicas y químicas al ataque del *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). Revista Colombiana de Entomología. Vol. 20(1):37-42



- ❖ **Serratos A, Arnason J T, Nozzolillo C, Lambert J D H, Philogene B J R, Fulcher G, Davidson K, Peacock L, Atkinson J y Morand P (1987)** Factors contributing to resistance of exotic maize populations to maize weevil, *Sitophilus zeamais*. J Chem Ecol 13: 751-763.
- ❖ **Strong, R.G.; Sbur, D. E.; Partida, G.J.** 1967. Rearing stored product insect for laboratory studies: lesser grain borer, granary weevil, rice weevil, *Sitophilus zeamais*. Jour.Econ. Entomol. 60 (4):1078-82
- ❖ **Suárez, G. H; Pereira, S. J y Lima, J. O.** 1994 Resistencia de Genotipos de Maíz con diferentes características físicas y químicas al ataque del *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). Revista Colombiana de Entomología. Vol. 20(1):37-42
- ❖ **Suárez, G.H; Castro, O L y Espitia, CM** 2004. Insectos plagas y benéficos en genotipos de algodónero con diferentes características morfológicas en el centro y sur del departamento del Cesar (Colombia) Revista Intrópica Vol 1:67-74
- ❖ **Suarez, G- H.; Santos, P. J. Y Delima G. J. O.** 1994. Resistencia de genotipos de maíz con diferentes características físicas y químicas al ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera:Curculionidae).Revista Colombiana de Entomología. Vol. 20
- ❖ **Taylor, T.A.** 1971. On the flight activity of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and some other grain-infesting beetles in field and store. Jour. Stored Prod. Research Vol. 6 : 295-306
- ❖ **Tigar, B.J., Osborne, PE. Key, G.E Flores-S, M.E y Vazquez-A. M.** 1994. Insect pest associated with rural maize stores in Mexico with particular reference to *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 30:267–281.
- ❖ **Tipping, P.W; Rodriguez, J.C; Poneleit, C.G and Legg, D.E.** 1986. Feeding activity of *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) on resistant and susceptible corn genotypes. Environ. Entomol. Vol 15 (3): 654-658
- ❖ **Vandershaaf, P; Wilbur, D.A and Painter, R.H.** 1969 Resistance of corn to laboratory infestation of the larger rice weevil *Sitophilus zeamais*. Journal of Economic Entomology Vol. 62 (2): 352-355
- ❖ **Vergara, R.R.** 2000. Intoxicaciones masivas con plaguicidas: la importancia de sus efectos pp. 131-165. En: Plaguicidas Impactos Socioeconómicos en Colombia. III Seminario Nacional "Aconteceres Entomológicos (Memorias). GEUN- Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## ANEXOS

**Anexo1.** Numero de gorgojos F1 emergidos de genotipos de maíz con diferentes características fenotipicas

GENOTIPOS	BLOQUES		
	I	II	III
T1. NB-7443	8	5	3
T2. NB-7315	17	18	12
T3. NB-7206	18	6	58
T4. CUBA AMARILLO	116	227	56
T5. PUYA SAMARIO	44	204	66
T6. BLANCO CRIOLLO	98	185	217
T7. PUYA VALLENATO	262	286	146
T8. NB-7253	35	19	39

**Anexo 2.** Análisis de varianza para número de gorgojos F1 emergidos de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas (Datos transformados por  $\sqrt{x+0,5}$ )

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	7	449.145508	64.163643	9.7802	0.000
BLOQUES	2	12.907227	6.453613	0.9837	0.600
ERROR	14	91.848267	6.560590		
TOTAL	23	553.901001			

CV = 31.43%

**Anexo 3.** Tiempo de desarrollo de gorgojos F1 emergidos de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas

---

GENOTIPOS	B L O Q U E S		
	1	2	3

---

1	46.0000	47.0000	48.0000
2	42.0000	43.0000	44.0000
3	41.4500	42.4500	43.4500
4	39.9800	43.9000	44.5500
5	41.8800	40.8200	44.8800
6	41.6500	40.1000	41.6800
7	39.0000	37.0000	40.0000
8	41.4500	42.4500	43.4500

---



**Anexo 4. Análisis de varianza para tiempo de desarrollo de gorgojos F1  
emergidos de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	7	111.406250	15.915178	13.8447	0.000
BLOQUES	2	19.296875	9.648438	8.3932	0.004
ERROR	14	16.093750	1.149554		
TOTAL	23	146.796875			

CV = 2.52%

**Anexo 5. Índice de Susceptibilidad de genotipos de maíz con diferentes características al ataque de la progenie F1 de *S. zeamais* a nivel de laboratorio**

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	3.8800	4.8800	3.8800
2	7.7600	8.8600	7.7600
3	6.9000	7.4800	8.2900
4	11.2800	12.3500	9.0350
5	8.2400	6.5300	7.6900
6	10.2600	11.3200	10.6100
7	12.7700	13.9500	10.3600
8	10.2600	6.9600	7.5200



**Anexo 6** Análisis de varianza para Índice de Susceptibilidad de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas ante el ataque de gorgojos infestantes y su progenie F1

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	7	137.246948	19.606707	14.1353	0.000
BLOQUES	2	3.794556	1.897278	1.3678	0.286
ERROR	14	19.419067	1.387076		
TOTAL	23	160.460571			

CV = 13.54%

**Anexo 7 Número de gorgojos F2 emergidos de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas a nivel de laboratorio**

---

GENOTIPOS	BLOQUES		
	I	II	III
<hr/>			
T1. NB-7443	7	5	9
T2. NB-7315	1	1	10
T3. NB-7206	12	13	11
T4. Cuba amarillo	4	17	20
T5. Puya samario	19	18	13
T6. Blanco criollo	12	13	12
T7. Puya vallenato	32	39	42
T8. NB-7253	1	1	6

---



**Anexo 8** Análisis de varianza para número de gorgojos F2 emergidos de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas (Para analisis estadistico los datos fueron transformados por  $\sqrt{x+0,5}$ )

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	7	38.000000	5.428571	13.2174	0.000
BLOQUES	2	2.250000	1.125000	2.7391	0.098
ERROR	14	5.750000	0.410714		
TOTAL	23	46.000000			

CV. = 21.36%

**Anexo 9** Tiempo de desarrollo de gorgojos F2 emergidos de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas

---

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3

---

1	43.6400	44.6400	45.640
2	45.0000	42.0000	46.0000
3	43.3700	44.3700	45.3700
4	33.4000	34.1100	34.8000
5	32.4700	34.6000	35.8000
6	36.0000	36.0000	35.0000
7	32.0000	33.9000	30.1400
8	46.0000	41.0000	45.0000

---

**Anexo 10** Análisis de varianza para tiempo de desarrollo de gorgojos F2  
emergidos de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas

---

FV	GL	SC	CM	F	P>F
<hr/>					
TRATAMIENTOS	7	659.785156	94.255020	35.2399	0.000
BLOQUES	2	3.628906	1.814453	0.6784	0.527
ERROR	14	37.445313	2.674665		
<hr/>					
TOTAL	23	700.859375			
<hr/>					

CV. = 4.17%

**Anexo 11** Índice de Susceptibilidad de genotipos de maíz con diferentes características al ataque de la progenie F2 de *S. zeamais* a nivel de laboratorio

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	5.3400	6.3400	7.3400
2	0.0001	0.0000	0.0001
3	6.8100	7.8100	5.8100
4	4.8100	8.3000	8.6000
5	9.0600	8.3500	7.1700
6	6.9000	6.6000	7.1000
7	11.0100	10.8000	12.4000
8	0.0001	0.0000	4.3300



**Anexo 12. Análisis de varianza para Índice de Susceptibilidad de genotipos de maíz con diferentes características fenotípicas ante el ataque de gorgojos infestantes y su progenie F2**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	7	281.434082	40.204868	23.4772	0.000
BLOQUES	2	4.863770	2.431885	1.4201	0.274
ERROR	14	23.975098	1.712507		
TOTAL	23	310.272949			

CV. = 21.68%